

# ANEMÔMETRO DIGITAL DE EQUIVALÊNCIA ELÉTRICA

I.M. Anjos, R.C.S. Freire, A. Oliveira e G.S. Deep  
UFPb - Campus II, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, C.P. 10 004

## RESUMO

Nos fluidos em escoamento a troca de calor, por condução, com um corpo imerso no fluido é proporcional a diferença de temperatura e a velocidade de escoamento. Deste modo, um dispositivo termoresistivo, eletricamente aquecido, perderá calor para uma massa de ar em movimento. Se este dispositivo forma um braço de uma ponte de Wheatstone realimentada, de tal modo que o calor perdido para o ar seja recuperado eletricamente, a intensidade da grandeza elétrica de realimentação é então proporcional à velocidade do ar. Este princípio, denominado de equivalência elétrica, foi utilizado no anemômetro apresentado neste trabalho.

## INTRODUÇÃO

A velocidade de fluidos pode ser medida por estruturas realimentadas que utilizam o princípio da equivalência elétrica, que foi utilizado na implementação de uma estrutura de medição da velocidade de escoamento do ar, que apresenta alta sensibilidade e constante de tempo pequena.

Nestas estruturas, a realimentação garante que a temperatura e a resistência de um sensor, aquecido eletricamente e colocado em contato com a massa de ar em movimento, são mantidas constantes. Desse modo, o calor perdido para o ar, é recuperado eletricamente. A variação da grandeza elétrica (tensão ou corrente) de realimentação é proporcional a velocidade do ar.

Entretanto, essa grandeza elétrica varia também com a temperatura do ar, sendo portanto necessário, uma compensação no valor medido da grandeza elétrica.

Os anemômetros que utilizam este princípio são chamados de anemômetros a sensor aquecido. Diversos sensores podem ser utilizados para este fim, como os fios metálicos e os termistores.

## O ELEMENTO SENSOR

O sensor utilizado para o desenvolvimento do anemômetro apresentado neste trabalho é o termistor KLIS-171H(150) fabricado pela Kurabe Industrial Co., que tem sua característica termoresistiva obedecendo a expressão 1.

$$R_T = R_{T_r} \cdot e^{B\left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T}\right)} \quad (1)$$

onde  $R_T$  é a resistência do termistor numa temperatura  $T$ ,  $R_{T_r}$  (igual a  $5460 \Omega$ ) é a sua resistência numa temperatura de referência  $T_r$  (igual a  $298 \text{ K}$ ) e  $B$  é uma constante igual a  $3390 \text{ K}$ . Estes dados foram fornecidos pelo fabricante do sensor e determinados experimentalmente em laboratório.

A relação entre potência elétrica entregue ao sensor, a temperatura do mesmo, a temperatura do fluido e a velocidade, é dada por:

$$P = \frac{V_s^2}{R_T} = (a + bv^n) \cdot S \cdot (T - T_f) \quad (2)$$

onde:  $V_s$  = valor eficaz da tensão sobre o sensor;  $S$  = superfície do sensor;  $P$  = potência elétrica;  $T_f$  = temperatura do fluido.

Os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $n$  devem ser determinados experimentalmente.

## CONFIGURAÇÃO DO ANEMÔMETRO

A configuração do anemômetro desenvolvido é mostrada na figura 1, onde  $R_s$  representa a resistência do sensor. O sensor ( $R_s$ ), que forma um dos braços da ponte de Wheatstone, estará sempre em uma temperatura e resistência constantes e pré-determinadas.

Se a temperatura do sensor e a sua resistência forem mantidas constantes e, considerando-se a temperatura do fluido também constante, a eq. (2) pode ser transformada em

$$V_s^2 = A + Bv^n \quad (3)$$

onde:  $A = aS(T - T_f)R_T$ ;  $B = bS(T - T_f)R_T$ .

Em um sinal modulado em largura de pulso (sinal PWM), a tensão eficaz ao quadrado é proporcional ao seu ciclo de trabalho (Dc). Portanto:

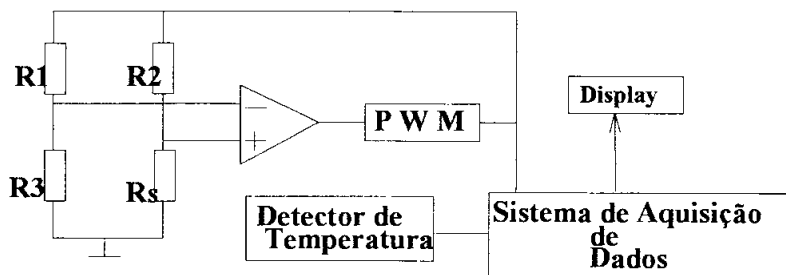
$$Dc \propto V_s^2 = A + Bv^n \quad (4)$$

O sistema de aquisição de dados é baseado no microcontrolador MC68HC11, que mede o ciclo de trabalho do sinal PWM e determina a velocidade do ar, fazendo também a compensação da temperatura do ar.

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E CONCLUSÃO

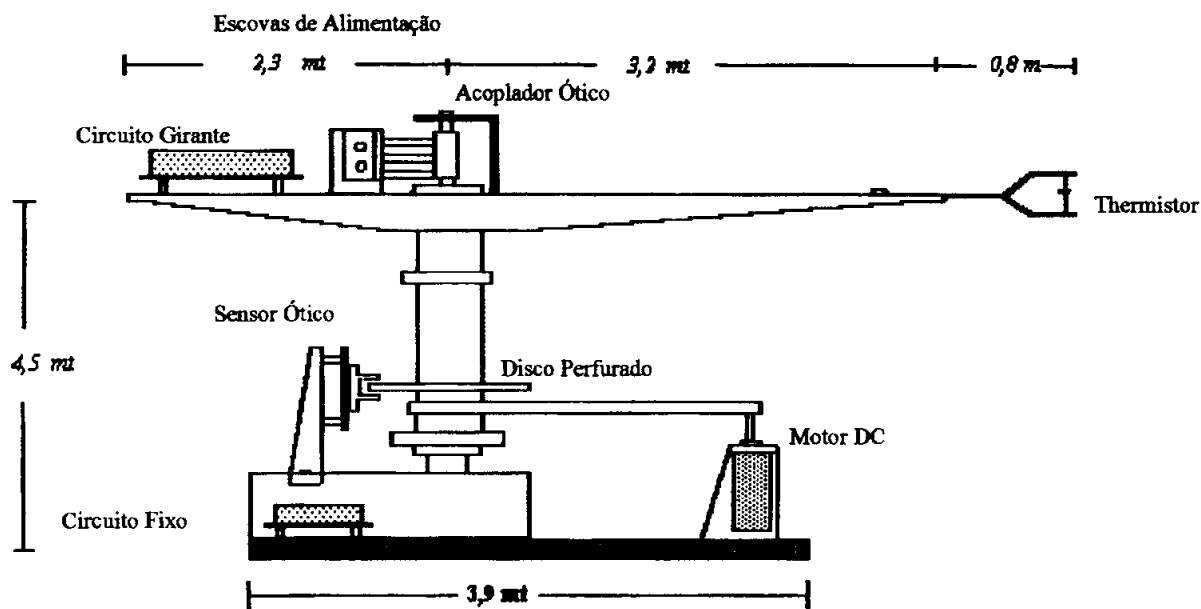
Uma estrutura (figura 2) foi desenvolvida para a realização de testes com este anemômetro. Um braço, com o sensor em uma de suas extremidades, gira em torno de um eixo. Supondo que o ar do ambiente está em repouso, a velocidade do ar em relação ao sensor pode ser determinada sabendo-se a velocidade angular do braço e a distancia entre o sensor e o eixo.

Testes de laboratório foram feitos determinando-se os parâmetros da expressão (4) que relaciona a tensão na entrada do modulador e a velocidade do ar.



**FIGURA 1** estrutura do anemômetro digital.

A velocidade relativa sensor/ar, é medida através da contagem de pulsos gerados pela passagem de um disco perfurado entre um acoplador óptico; Dc é medido com o auxílio de acopladores ópticos; A, B e n são constantes determinadas experimentalmente e iguais a 0,2598, 0,2127 e 0,3126, respectivamente.



**FIGURA 2** estrutura usada para testes do anemômetro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao PIBIC pelo apoio financeiro, dado em forma de bolsas.

## BIBLIOGRAFIA

- K.Okamoto, T.Ohhashi, M. Asakura e K. Watanabe, "A Digital Anemometer", IEEE Instrumentation e Measurement, Technology Conference, Pag 60 - 63, 1993
- " Thermistor KLIS - 171H(150)"- Ref.Card , Kurabe Industrial Co.Ltda
- I.M.Anjos e R.C.S Freire, Relatório de IC CNPq/PIBIC UFPB - DEE Jan/95
- J.O.Hinze, "Turbulence" Mc Graw-Hill - Second Edition 1975